

文章编号: 1006 - 544X (2000) 03 - 0232 - 06

甘肃公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征及找矿模式

何养珍, 陈进平, 周继强

(甘肃有色地质勘查局四队, 甘肃张掖 734012)

摘要: 公婆泉斑岩铜矿产于次英安斑岩和花岗斑岩体中。通过对火山岩岩系、岩浆岩、断裂构造、矿体和蚀变围岩等方面的地球化学特征的研究, 发现围岩蚀变与斑岩型铜矿床具有相似的蚀变特征, 它们在地球化学特征上表现为“一盖一帽一空心”的特征, 即“盖”是指斑岩体上方覆盖的火山岩系中形成的 V, Ti, Cr, Ni 元素异常; “一帽”是指斑岩体上方及内外接触带的 B, As 等异常; “一空心”是指 Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Mo, Ba 在斑岩体上方或浅部异常中心形成负异常。该特征可判别矿床的剥蚀程度。

关键词: 斑岩铜矿; 地球化学特征; 找矿模式; 公婆泉; 甘肃

中图分类号: P618.41; P595; P612

文献标识码: A

1 矿区地质概况

公婆泉铜矿床位于甘肃北山地区, 大地构造位置处于勒巴泉 - 公婆泉岛弧带东端, 公婆泉大山穹隆上^[1]。

矿区出露主要地层(图1)为志留系火山沉积岩系公婆泉群。该地层在矿区大面积出露, 主要由角闪安山岩、石英粗面岩、火山角砾岩、中性凝灰岩、层状流纹岩夹条带状大理岩、安山质晶屑凝灰岩组成。

区内褶皱构造主要有黑石山向斜, 断裂构造主要有 NW、NE、NNW 向。

区内岩浆活动强烈, 主要有浅成相及次火山岩相的斑岩和深成岩。斑岩主要为钠质流纹斑岩、闪长玢岩、花岗闪长斑岩、英安斑岩(含矿岩石)、次流纹斑岩, 其中花岗闪长斑岩和英安斑岩为含矿岩石。深成岩按侵入次序由早到晚为: 华力西期辉橄岩、辉长岩、辉绿岩、石英闪长岩、闪长岩、花岗闪长岩、角闪石英二长岩及花岗岩。

区内共有 106 条铜矿体, 大多数分布于—

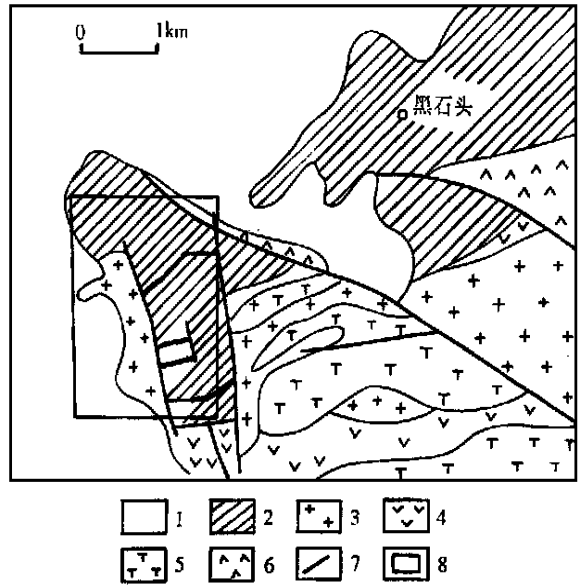


图 1 公婆泉铜矿一矿区地质图

Fig. 1 Geological map of mining area No. 1 of

Gongpoquan Cu deposit

- 1—第四系; 2—志留系公婆泉群; 3—花岗岩;
- 4—花岗闪长岩; 5—石英闪长岩; 6—次英安斑岩;
- 7—断层; 8—矿区范围

收稿日期: 1998 - 12 - 13; 修订日期: 1999 - 06 - 09。

基金项目: 原中国有色金属工业总公司资助项目。

作者简介: 何养珍 (1964 -), 男, 甘肃会宁人, 工程师, 地球化学专业。

矿区, 均产于中性 - 酸性次火山岩相 - 浅成相的次英安斑岩和花岗闪长岩中。矿石有细脉浸染状和致密浸染状 2 种。铜矿化类型除斑岩型外, 还有火山热液型和矽卡岩类型。

2 矿床地球化学特征

2.1 火山岩岩系地球化学特征

矿区出露地层为志留系公婆泉群火山岩, 5 个旋回的火山岩岩石组合元素的含量与区域志留系火山岩相比, 大多数元素都有不同的富集, 特别是成矿元素 Cu, Pb, Zn, Au, Ag 最为明显 (表 1), 因此这些元素在矿区反映了志留系火山岩地层中相对于区域形成了一个高的背景区。

在志留系地层中与 Cu, Pb, Zn 同为元素组合的 Sn, Cr, Co, Ni, Ca, B 等元素在矿区公婆泉群中反而贫化, 说明与志留系火山岩有关的铜矿成矿集中区, 其元素组合与区域有一定的差别; 不同旋回的成矿元素及其含量也不尽相同, 对于 Cu 来说, 第四和第三旋回的英安岩中为最高。通过探讨不同成矿元素及其伴生元素在不同旋回的概率分布特征, 得到了元素的频率曲线为单峰和双峰 2 种形式, 单峰表明基本无后期矿化, 双峰仅有微弱的矿化叠加。Cu 元素在多旋回中都有叠加, 从、 - 、 - 旋回, 即从中性 - 中、酸性、碱性 - 中性火山岩, $w(\text{Co} + \text{Ni})$ 和 $w(\text{Sr}) / w(\text{Ba})$ 的比值变化高 - 低 - 高, 而 $w(\text{Ti} + \text{V} + \text{Cr} + \text{Mn}) / w(\text{Ni} + \text{Co})$, $w(\text{Co}) / w(\text{Ni})$, $w(\text{Sr} + \text{Ba}) / w(\text{Co} + \text{Ni})$ 的比值由低 - 高 - 低, 这反映了火山岩形成的环境由相对还原 - 氧化 - 还原的演化, 也反映喷发岩浆来源由相对较深 - 较浅 - 较深的变化。值得注意的是矿区

含矿斑岩产于第四旋回石英粗面岩的顶部, 火山热液铜矿化多产于 旋回英安岩类层位中。这两种矿化赋存空间均位于地球化学环境变化的过渡部位。

2.2 岩浆岩地球化学特征

由表 2 可知, 矿区岩浆岩 (前述斑岩及深成岩) 大多数元素都有不同程度的富集, 特别是成矿元素 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Hg, Mo, Bi 等的富集程度较大, 而且 Au, Ag, Cu 的富集要比区域火山岩大很多。说明成矿主要同岩浆侵入活动有密切的关系。通过对岩浆岩中元素的概率分布特征的研究, 表明矿区后期矿液活动主要是在次火山岩相和浅成岩相的岩石中进行的。对于岩浆岩的形成环境, 从基性岩 - 中性岩 - 酸性岩, $w(\text{Ti} + \text{V} + \text{Cr} + \text{Mn}) / w(\text{Co} + \text{Ni})$, $w(\text{Co}) / w(\text{Ni})$ 和 $w(\text{Sr} + \text{Ba}) / w(\text{Co} + \text{Ni})$ 等比值是增大的, 即亲氧元素 Sr, Ba, Ti, V, Cr, Mn 增多, 亲硫元素 (基性) Co, Ni 减少, 说明岩浆岩的上升就位是由相对还原的环境到相对氧化的环境。

2.3 断裂构造地球化学特征

矿区 NW 向和 NNW 向或近 SN 向的断裂中成矿元素 Au, Ag, Cu, Pb, Zn 的质量分数相对于区域元素的丰度都是富集的 (表 3), 说明该区断裂中成矿元素的富集和后期成矿热液活动有关, 而且成矿元素前者质量分数高于后者, 说明 NW 向的断裂对于成矿最为有利。由于 NW 向断裂 (组) 比 NNW 向断裂或 SN 向断裂 (组) 相对富含亲基性元素 Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni 而贫亲酸性元素 Ba, Sr, B, 故 $w(\text{Ba} + \text{Sr} + \text{B}) / w(\text{Ti} +$

表 1 公婆泉群火山岩岩石组合及成矿元素质量分数

Table 1 The average contents of valcanite rock association and ore - forming elements of Gongpoquan group

旋回	岩性	岩石组合	样数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Cr	Ni	Co	Mo
	中性	安山质火山岩	23	1.13	0.21	140	27	67	13.3	50	24	15.4	1.01
	碱性	石英粗面岩	12	1.28	0.61	200	255	203	6.75	36	12	10.4	1.20
	中性	钠流纹岩	21	1.14	0.19	55	63	137	7.0	27	12	10	0.63
	酸性	英安岩	29	0.76	0.30	202	23	74	6.6	26	13	11	0.76
	中性	安山岩	36	3.90	0.38	147	35	117	10.8	82	35	20	1.07
	中性	安山质凝灰岩	8	0.81	0.11	28	45	115	21	51	23	18	0.76
	平均		129	1.82	0.33	119	56	109	9.84	49	22	14	0.91
		区域志留系火山岩	48	0.66	0.08	36	21	97	5.15	120	49	19	0.55

注: 质量分数 $w(\text{Au}) / 10^{-9}$, 其余 $w_B / 10^{-6}$ 。

表2 岩浆岩成矿元素质量分数

Table 2 The average contents of ore-forming elements for magmatite

岩性	样数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Cr	Ni	Co	Mo
酸性	37	2.35	1.59	457	75	95	7.43	30	13.9	13.9	0.79
中性	57	3.24	1.41	424	79	114	9.38	51	25.1	14.4	0.77
基性	10	0.61	0.05	26	10	56	3.60	157	114	40.0	0.42
平均	104	2.67	1.35	397	71	112	8.31	54	29.7	15.2	0.74
区域岩浆岩丰度	106	0.056	0.053	29	21	56	2.99	48	25.7	14.1	0.49

注: $w(\text{Au})/10^{-9}$, 其余 $w_B/10^{-6}$ 。

表3 断裂构造造成矿元素质量分数

Table 3 The average contents of ore-forming elements for faulted structure

断裂组	样数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Cr	Ni	Co	Mo
NW向	25	5.04	0.79	516	55.6	201	8.27	75	47.0	20.0	1.33
NNW和近SN向	24	3.57	1.17	428	72.5	99	7.25	41	21.3	12.7	1.06
区域元素丰度		0.90	0.14	290	18.7	67.5	5.1	65	31.0	14.0	0.93

注: $w(\text{Au})/10^{-9}$, 其余 $w_B/10^{-6}$ 。

$V + Cr + Mn + Co + Ni$), $w(\text{Ba} + \text{Sr} + \text{B}) / w(\text{Co} + \text{Ni})$ 及 $w(\text{Ti} + \text{V} + \text{Cr} + \text{Mn}) / w(\text{Co} + \text{Ni})$ 比值较小, 说明前者为相对挤压封闭还原的构造化学环境, 后者为相对引张开放氧化的构造化学环境。 $w(\text{Cu})$, $w(\text{Au})$ NW向断裂明显高于NNW向和近SN向断裂, 说明相对挤压封闭还原的构造地化环境比相对开放氧化的构造地化环境更有利于Au与Cu的成矿。另外位于相对挤压还原-扩张氧化的环境对Au, Cu的赋存也较为适度。

2.4 矿体和蚀变围岩的地球化学特征

矿区内共有106条铜矿体, 大多数分布于—矿区, 均产于中性-酸性次火山岩相-浅成相的次英安斑岩和花岗闪长斑岩中。矿体呈透镜状、楔状、厚板状和不规则分枝状, 与围岩呈渐变关系。主要矿物为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿等, 偶见方铅矿和自然铜, 氧化矿物有孔雀石、蓝

辉铜矿等; 脉石矿物有石英和长石等。斑岩体内铜矿化地段为钾硅酸盐化和绢云母化, 青盘岩化遍布全区。

铜矿体和蚀变斑岩中微量元素含量的变化情况为, 花岗闪长斑岩、次英安斑岩成矿元素Cu, Au, Ag, Pb, Mo在矿体中的含量最高, 且由矿体蚀变斑岩斑岩火山岩地层逐渐降低, 说明成矿主要和斑岩期后的(次火山岩)热液活动有关。与成矿有关的伴生元素As, Hg, Zn, Ga在蚀变斑岩和斑岩中为最高, 这些元素可能是在成矿热液活动中因活动性较强迁移较远或其富集方式与岩浆作用有关。亲基性元素Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni从矿体蚀变斑岩斑岩火山岩地层的含量基本上是增加的, 说明这些元素的存在主要同岩浆和火山成岩作用有关, 而与成矿热液的关系不大(表4)。

表4 铜矿体和蚀变斑岩成矿元素质量分数

Table 4 The average contents of ore-forming elements for mineral ore and altered porphyry

矿石或岩石	样数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Cr	Ni	Co	Mo
花岗闪长斑岩中的矿体	12	44.5	4.98	1 800	142	65	4.8	21	7.5	6.3	3.04
蚀变花岗闪长斑岩	16	4.3	3.30	1 254	134	167	10.2	27	15.2	12.8	1.16
矿区花岗闪长斑岩(围岩)	19	3.8	2.99	809	116	151	10.3	27	14.4	11.8	1.07
次英安斑岩中的矿体	17	19.1	4.86	1 800	316	63	3.4	29	8.5	7.2	3.67
蚀变次英安斑岩	22	3.7	3.14	1 330	80	161	5.6	29	19	11.8	0.97
矿区次英安斑岩(围岩)	29	3.5	2.51	718	72	149	9.3	33	14.3	11.4	0.84

注: $w(\text{Au})/10^{-9}$, 其余 $w_B/10^{-6}$ 。

公婆泉铜矿田一矿区一矿段产于次英安斑岩中的铜矿床蚀变分带由矿体向外依次发育为: 石英-钾长石化+石英-绢(白)云母化带-绿泥石-绿帘石-方解石化带, 以上分带发育于次英安斑岩中, 在次英安斑岩的下盘外接触带安山岩中发育青盘岩化-热变质的角岩化, 上盘外接触带辉长岩中发育绿泥石化。一矿区三矿段产于花岗闪长岩中的铜矿床蚀变分带由岩体中心向外依次发育为: 石英-绢云母化+钠长石化-绢云母化+绿泥石化+方解石化。

产于英安斑岩中铜矿床蚀变元素含量在各蚀变带中的变化情况是: 成矿元素 Cu, Au, Pb, Zn 以及 Mn, Mo 的含量明显高于外接触带各类蚀变岩石, 而 Co, Ni, Ti, Cr 等在外接触带内的含量明显高于次英安斑岩体内, 从岩体中心向岩体下盘的外接触带元素组合呈现由 Cu, Au, Ag, Pb, Hg, Mo, Bi, W, Ba, B-Zn, Si, V, Mn, Ga, -As, Sn, Ti, Cr-Co, Ni 的分带特征; 岩体中心向岩体上盘蚀变带元素组合呈现 Cu, Au, Ag, Pb, As, Hg, Mo, Bi, Sn, W, Ba, B, V-Zn, W, Mn-Sr, Ti, Cr, Co, Ni, Ga 的特征, 其共同特征为成矿元素 Cu, Au, Ag, Pb, Mo, Bi, Ba, B 在岩体中心富集, Zn, Mn 外接触带富集, Co, Ni, Ti, Cr 在外接触带岩石中含量较高。

产于花岗闪长斑岩中的铜矿床各蚀变分带微量元素变化, 在蚀变的花岗闪长斑岩中成矿元素 Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Mo, Bi, Ba 富集。在岩体中心向下盘接触蚀变带元素组合呈现由 Cu, Au, Ag, Pb, Zn, As, Hg, Mo, Bi, Sn, Ba, B, Cr, Mo, Co, Ni, Ga-Zn, Sr, Ti, V, Ga-无特征元素的特征, 从岩体中心向上盘接触蚀变带元素组合呈现由 Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Hg, Mo, Bi, Ba, Mn-As, Sr, V, Ga-B, Ti, Cr, Co, Ni 的变化特征。

3 矿床地球化学异常特征

从一矿区一矿段 8 线、三矿段 62 线地球化学剖面来看, 次英安斑岩和花岗闪长斑岩铜矿床上方各元素存在着明显的异常。其特点为: 原生异常其成矿元素 Cu, Au, Ag 及其伴生的 Zn, As, Ba, Pb 异常清晰度好、异常浓度高、浓集系数大, 是原生晕找矿的直接标志; 亲基性元素 Ti,

V, Mn, Co, Ni, Sr 异常较弱, 且发育在斑岩体外接触带。结果发现次英安斑岩铜矿床上方 Cu, Au 异常呈“M”型, 即在斑岩体中心出现低异常, 靠近内接触带则出现高异常。花岗闪长斑岩铜矿床上方 Cu, Au, Ag, Mo, B 异常呈“M”型, 其低值在斑岩体与角岩的内外接触带。说明两类矿床元素水平分带基本相似, 差别是花岗斑岩中出现高温元素 Sn, Bi, 同时 Pb, Mo 也呈一定规模, 反映了花岗斑岩铜矿床的剥蚀深度大于次英安斑岩铜矿床。

根据 8 线 110 矿体垂直地球化学剖面的结果(图 2) 总结出轴向分带序列为 Mn-Ti-Cr-Co¹-Ni¹-Sr-V-As-B-Zn-Cu-Ag-Au-Pb-Mo-Ba-Co²-Ni²-Sr-Bi-W, 说明运矿元素(如 B, As) 在矿床的上部形成前缘晕, 高温元素(W, Sn, Bi) 形成尾晕, 成矿元素(如 Cu, Au, Ag, Pb, Zn 等) 则形成较大规模的近矿晕。

4 找矿地球化学模式

根据斑岩铜矿床以上地球化学特征, 总结出斑岩铜矿床剥蚀程度的判别指标, 浅剥蚀元素组合水平分带为: Sr, Mn-Cu, Au, Ag, Mo, Pb, Zn-B, As-V, Ti, Cr, Co, Ni; 中剥蚀为: (Mn, Sn)-Cu, Au, Ag, Mo, Pb, Zn, Ba, B, As-V, Co, Ni, (Ti, Cr); 深剥蚀为: Sn, Bi, Ba, W-Cu, Au, Ag, Mo, Pb, Zn-V, Co, Ni, (As)。

斑岩铜矿床(体)的理想元素组合分带具有“一盖一帽一空心, 高温元素往下沉”的模式(图 3) 特点, “一盖”是指在斑岩(铜矿)体上方覆盖着的火山岩系地层中形成的 V, Ti, Cr, Ni 基性元素异常; “一帽”是指斑岩(铜矿)体上方及旁侧内外接触带形成的 B, As 等挥发性元素异常; “一空心”是指主要成矿元素和伴生元素 Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Mo, Ba 等在斑岩(铜矿)体上方或浅部异常中心形成负异常, 致使这些元素的异常在剖面上呈“M”型, 它们主要形成近矿晕, 在这“一空心”地带只有 Sr, Mn(Ti) 等亲石元素的异常; 高温元素往下沉是指 W, Sn, Bi 等元素在深部才存在异常。由于这一模式特点, 故有不同的剥蚀水平异常的元素组合水平分带呈不同的特点。

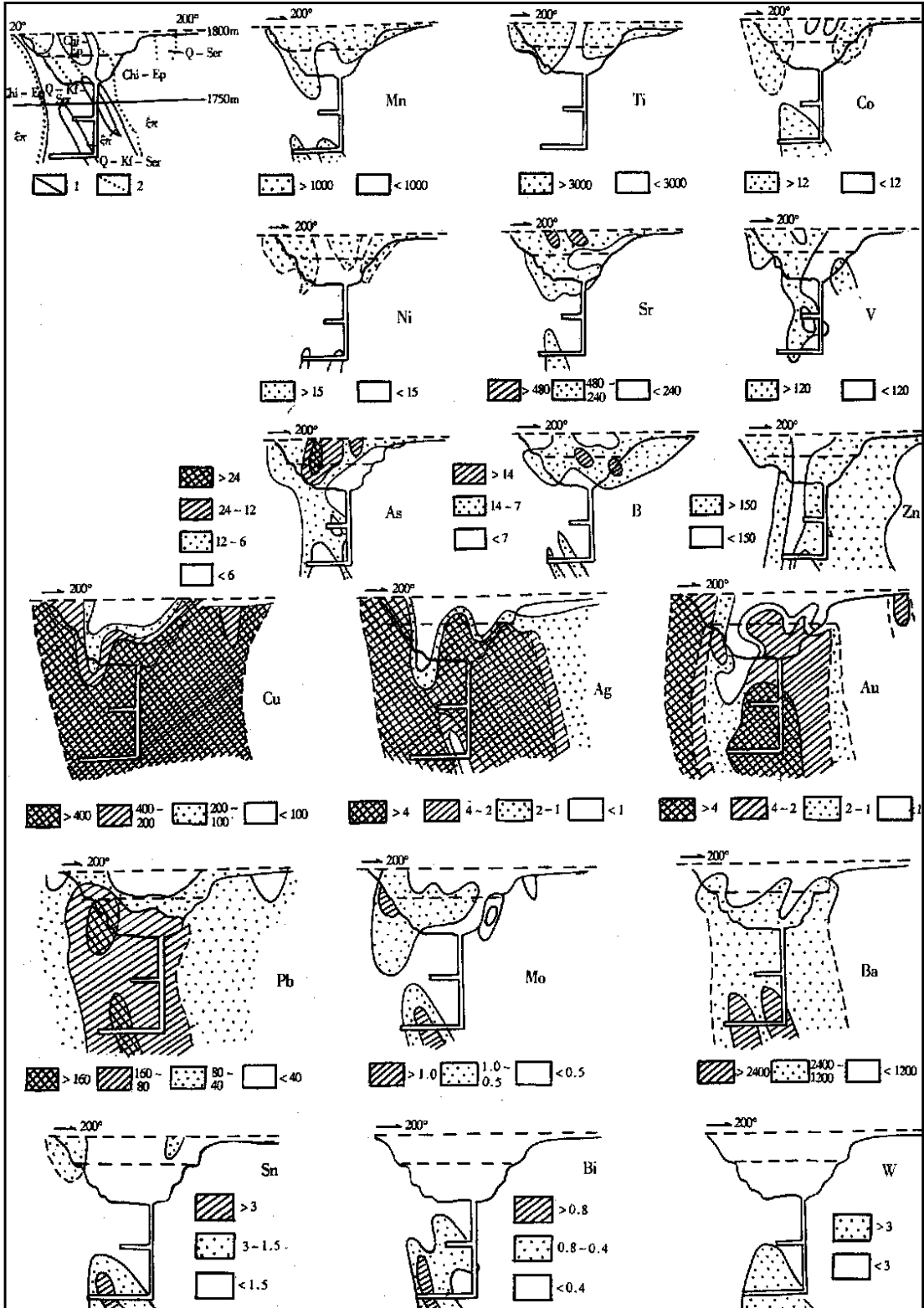


图 2 一矿区一矿段矿床(体)垂直剖面地球化学异常图

Fig. 2 Geochemical anomaly of longitudinal section of oreblock No. 1 of mining area No. 1

1—矿体界线; 2—蚀变界线; 一次英安斑岩; Q-Ser—石英绢云母化; Chi-Ep—绿泥石绿帘石化; Q-Kf-Ser—石英钾长石绢云母化; $w(Au)/10^{-9}$, 其余 $w_B/10^{-6}$ 。

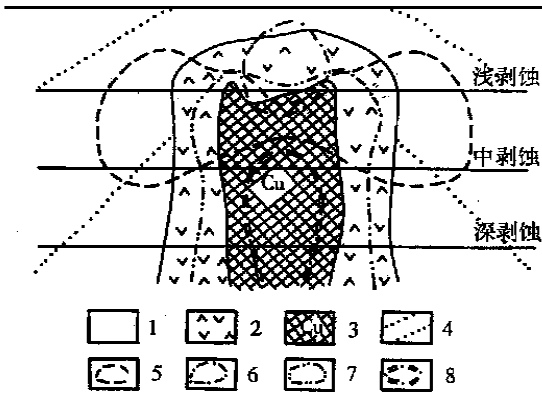


图 3 公婆泉斑岩铜矿找矿模式

Fig. 3 The prospecting model for Gongpoquan porphyry - type copper deposit

1—火山沉积岩系；2—斑岩体；3—铜矿体；4—“盖”；
5—“帽”；6—“空心”；7—近矿晕；8—深部尾晕

5 结 论

寻找公婆泉斑岩铜矿床的最佳指示元素为 Cu, Pb, Ag, As 等, 其成矿地球化学模式为“一盖一帽一空心”, 根据这个特征, 可判别该类型矿床的剥蚀程度。

参考文献:

[1] 左国朝, 何国崎. 北山板块构造及成矿规律 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 3~5.

Geochemical features and prospecting model of Geongpoquan porphyry - type copper deposit in Gansu

HE Yang-zhen, CHEN Jin-ping, ZHOU Ji-qiang

(The Gansu Team No.4, Non-ferrous Geological Exploration Bureau, Zhangye, 734012, China)

Abstract: Gongpoquan porphyry - type copper deposit is existed in secondary dacite - porphyry and granite - porphyry bodies. After researching geochemical characteristics of volcanic rock series, magmatic rocks, faulted structure, ore bodies, wall - rock alteration, the authors point out that wall - rock alteration of the ore bodies has the same alteration features as those of porphyry - type copper deposit. That is to say, there “one cover, one cap, one hollow heart” peculiarity of geochemical characteristics. The features can be applied to estimating the denudation degree of the ore deposit.

Key words: porphyry - type copper deposit; geochemical characteristics; prospecting model; Gongpoquan; Gansu